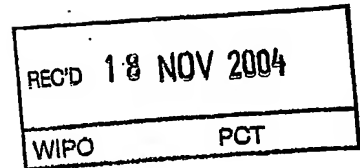


28. 9. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 9 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 6 2 8 1
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 6 2 8 1]

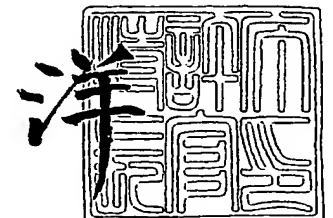
出 願 人
Applicant(s): 旭化成株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 1 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 X1031090
【提出日】 平成15年 9月 9日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 31/10
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県富士市鮫島 2 番地の 1 旭化成株式会社内
 【氏名】 久世 直洋
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県富士市鮫島 2 番地の 1 旭化成株式会社内
 【氏名】 森安 嘉貴
【特許出願人】
 【識別番号】 000000033
 【氏名又は名称】 旭化成株式会社
 【代表者】 蛭田 史郎
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011187
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

インジウムおよびアンチモンを元素として含む化合物半導体を有し、該化合物半導体により赤外線を検知する化合物半導体センサ部と、

前記化合物半導体センサ部から出力される電気信号を処理する集積回路部とを備え、

前記化合物半導体センサ部及び前記集積回路部が同一パッケージ内にハイブリッド形成されていることを特徴とする赤外線センサ IC。

【請求項 2】

前記化合物半導体センサ部が、基板と該基板上にバッファ層をはさんで形成された化合物半導体層とからなることを特徴とする請求項 1 に記載の赤外線センサ IC。

【請求項 3】

前記バッファ層が、AlSb、AlGaSb、AlGaAsSb、AlInSb、GaInAsSb、AlInAsSb のいずれかであることを特徴とする請求項 2 に記載の赤外線センサ IC。

【請求項 4】

前記化合物半導体層が、第一化合物半導体層の単層からなり、かつ該第一化合物半導体層が、InSb、InAsSb、InSbBi、InAsSbBi、InTlSb、InTlAsSb、InSbN、InAsSbN の中から選択されていることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の赤外線センサ IC。

【請求項 5】

前記第一化合物半導体層が、p 型ドーピングされていることを特徴とする請求項 4 に記載の赤外線センサ IC。

【請求項 6】

前記化合物半導体層が、第二化合物半導体層及び第三化合物半導体層のヘテロ構造からなり、

該第二化合物半導体層／該第三化合物半導体層の組み合わせが、InSb／GaSb、InSb／GaInSb、InAsSb／InSb、InAsSb／GaSb、InAsSb／GaInSb の中から選択されていることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の赤外線センサ IC。

【請求項 7】

前記第二化合物半導体層と前記第三化合物半導体層の両方、もしくは、前記第三化合物半導体層のみが、p 型ドーピングされていることを特徴とする請求項 6 に記載の赤外線センサ IC。

【請求項 8】

前記化合物半導体層が、第四化合物半導体層及び第五化合物半導体層を周期的に積層された超格子構造からなり、

該第四化合物半導体層／該第五化合物半導体層の組み合わせが、InAs／GaSb、InAs／GaInSb、InAs／GaAsSb、InAsSb／GaSb、InAsSb／GaAsSb、InAsSb／GaInSb の中から選択されていることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の赤外線センサ IC。

【請求項 9】

前記化合物半導体層が、化合物半導体の積層体からなり、

該積層体が、p 型 InSb／p 型 InAsSb／n 型 InSb、p 型 GaInSb／p 型 InAsSb／n 型 GaInSb、p 型 GaInSb／p 型 InSb／n 型 GaInSb の中から選択された p-n 接合積層体であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の赤外線センサ IC。

【書類名】明細書

【発明の名称】赤外線センサ IC

【技術分野】

【0001】

本発明は、赤外線検知の分野、特に波長 $7\mu\text{m}$ 以上の長波長帯の放射エネルギーを検知するような赤外線センサ、例えば人感センサの技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に赤外線センサには、赤外線エネルギーを吸収することによって発生する温度変化を利用する熱型（焦電素子やサーモパイルなど）と、入射した光エネルギーで励起された電子によって生じる導電率の変化や起電力を利用する量子型がある。熱型は室温動作が可能だが、波長依存性がなく、低感度で応答性が遅いという欠点がある。一方、量子型は低温に冷却する必要があるが、波長依存性があり、高感度で応答速度も速いという特徴を有している。

赤外線センサの応用は、人を検知することによって、照明やエアコン、TVなどの家電機器の自動オンオフを行う人感センサや、防犯用の監視センサなどが代表的な例である。最近、省エネルギーや、ホームオートメーション、セキュリティシステム等への応用で非常に注目されてきた。

【0003】

人感センサとして現在使われている赤外線センサは、焦電効果を利用した焦電型赤外線センサである。焦電型赤外線センサは、非特許文献1に示されているように、その焦電素子のインピーダンスがきわめて高いために、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けやすく、金属Canパッケージなどのシールドが必須になる。また、I-V変換回路に大きなRやCが必要であり、小型化が困難となっている。

一方、量子型の赤外線センサとしては、HgCdTe (MCT) や InSb 系がその代表的な材料として利用されてきた。MCT や InSb 系を用いる場合、センサ部を液体窒素や液体ヘリウム、あるいはペルチェ効果を利用した電子冷却等で冷却する必要がある。一般に、冷却された量子型赤外線センサの感度は、焦電センサの100倍以上の高感度化が達成できる。また、素子抵抗は数10～数100 Ω と小さく、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響は受けにくい。ただし、パッケージについては低温に冷却する必要があるため、頑丈な金属パッケージが使われている。

【0004】

さらに、量子型赤外線センサの中でも、MCT は最も高感度であるが、Hg の蒸気圧が高いために、結晶成長時の組成制御性や再現性が難しく、均一な膜が得られにくい。また素子化プロセスにおいても機械的強度が弱く、Hg の拡散や抜け出しという問題をかかえている。

InSb 系については、検出すべき波長にあわせて InAs_xSb_{1-x} の混晶が検討されている。例えば、InSb 基板を用いてその上に InSb の一部を As に置換してエピタキシャル成長する方法（特許文献1参照）などが試みられている。また、米国 Northwestern 大学の Razeghi らによる InAsSb 系を用いたフォトダイオードの例がある（非特許文献2参照）。

【0005】

さらに、読み出しおよび信号処理回路が集積化された基体の上に、赤外線センサ部を成長させたモノリシック構造が提案されている（特許文献2参照）。しかし、信号処理回路上に赤外線センサ部である化合物半導体薄膜を成長させる技術はきわめて難しく、実用的なデバイスとして応用可能な膜質は容易には得られない。また、信号処理回路を動作させたときに発生する熱が、その上にモノリシック形成された赤外線センサ部に熱ゆらぎのノイズとなって誤信号を与えてしまうことが問題となる。従って、この熱ゆらぎの影響を抑制するため、センサ全体を液体窒素等で冷却させることが必須となり、一般の家電や照明用の人感センシングの用途には適さない。

【特許文献1】特開昭53-58791号公報

【特許文献2】特開平2-502326号公報

【非特許文献1】松井邦彦著「センサ活用141の実践ノウハウ」CQ出版、2001年5月20日、p56

【非特許文献2】J. D. Kim, S. Kim, D. Wu, J. Wojkowski, J. Xu, J. Piotrowski, E. Bigan, and M. Razeghi, Appl. Phys. Lett., 67, 2645 (1995).

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、室温での動作が可能であり、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響も受けにくい超小型の赤外線センサICを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者は、前記課題を解決するため、素子抵抗の小さな化合物半導体センサ部と該化合物半導体センサ部から出力される電気信号を処理する集積回路部を同一パッケージ内でハイブリッド形成させることにより、室温で検知できることを見出し、本発明をなすに至った。さらに本発明の赤外線センサは、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくいという特徴を有することを見出した。さらに、本発明の赤外線センサICの化合物半導体センサ部は、素子抵抗が小さいため、化合物半導体センサ部から出力される信号処理回路におけるRやCを小さくでき、従ってセンサモジュールとしたときのICの小型化が可能となる。

【0008】

さらに、本発明の赤外線センサICは、赤外線センサ部と集積回路部を別々に製作できるので、デバイスプロセスはそれぞれに適したプロセスを利用できる。また、赤外線センサ部と集積回路部はハイブリッド形成されているために、モノリシック構造で問題となった集積回路部からの発熱の影響を受けにくい。従って本発明の赤外線センサICは冷却する必要がないという大きな特徴を有している。

すなわち、本発明における第1の実施形態の赤外線センサICは、インジウムおよびアンチモンを元素として含む化合物半導体センサ部と、該化合物半導体センサ部から出力される電気信号を処理する集積回路部が、同一パッケージ内にハイブリッド形成されていることを特徴とする。

【0009】

本発明の第2の実施形態の赤外線センサICは、本発明の第1実施形態の赤外線センサICにおいて、化合物半導体センサ部が、基板と該基板上にバッファ層をはさんで形成された化合物半導体層からなることを特徴とする。また、該バッファ層が、AlSb、AlGaSb、AlGaAsSb、AlInSb、GaInAsSb、AlInAsSbのいずれかであることを特徴とする。

さらに、本発明の第1および第2実施形態の赤外線センサICにおいて、前記化合物半導体層が、第一化合物半導体層の単層からなり、かつ該第一化合物半導体層が、InSb、InAsSb、InSbBi、InAsSbBi、InTlSb、InTlAsSb、InSbN、InAsSbNのいずれかであることを特徴とする。ここで、前記第一化合物半導体層がp型ドーピングされていてもよい。

【0010】

本発明の第3の実施形態の赤外線センサICは、本発明の第1および第2実施形態の赤外線センサICにおいて、前記化合物半導体層が、第二化合物半導体層と第三化合物半導体層のヘテロ構造からなり、該第二化合物半導体層／該第三化合物半導体層の組み合わせが、InSb/GaSb、InSb/GaInSb、InAsSb/InSb、InAsSb/GaSb、InAsSb/GaInSbのいずれかからなることを特徴とする。ここで、該第二化合物半導体層および該第三化合物半導体層の両方、もしくは、該第三化合物半導体層のみがp型ドーピングされていてもよい。

【0011】

本発明の第4の実施形態の赤外線センサICは、本発明の第1および第2実施形態の赤外線センサICにおいて、前記化合物半導体層が、第四化合物半導体層と第五化合物半導体層が周期的に積層された超格子構造からなり、該第四化合物半導体層／該第五化合物半導体層の組み合わせが、 InAs/GaSb 、 $\text{InAs}/\text{GaInSb}$ 、 $\text{InAs}/\text{GaAsSb}$ 、 $\text{InAsSb}/\text{GaSb}$ 、 $\text{InAsSb}/\text{GaAsSb}$ 、 $\text{InAsSb}/\text{GaInSb}$ のいずれかからなることを特徴とする。

【0012】

本発明の第5の実施形態の赤外線センサICは、本発明の第1および第2実施形態の赤外線センサICにおいて、前記化合物半導体層が化合物半導体の積層体からなり、該積層体がp型 $\text{InSb}/$ p型 $\text{InAsSb}/$ n型 InSb 、p型 $\text{GaInSb}/$ p型 $\text{InAsSb}/$ n型 GaInSb 、p型 $\text{GaInSb}/$ p型 $\text{InSb}/$ n型 GaInSb のいずれかのp-n接合積層体であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明の赤外線センサICを用いれば、超小型で室温動作の人感センサを実現できるため、これまで搭載が難しかった家電などへも容易に搭載が可能となる。本発明の赤外線センサICは、これまで冷却前提で計測用途にしか応用がされてこなかった化合物半導体を用いた量子型赤外線センサを、集積回路とハイブリッド化することにより、室温動作を可能にし、しかも素子抵抗が小さいという化合物半導体素子が電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくいという特徴を生かし、小型で安価な人感センサを実現した。本発明の赤外線センサICを用いれば、ホームエレクトロニクスやオフィスエレクトロニクスの大幅な省エネルギー化が達成でき、エネルギー・環境上の有用性は計り知れない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明について、以下具体的に説明する。

図1は、本発明の基本となる赤外線センサICの模式図を示す。図1中、符号1は、プリント基板（もしくはリードフレーム）、2は化合物半導体センサ部、3は集積回路部、4aはプリント基板1上に形成された引き回し電極を示している。化合物半導体センサ部2と集積回路部3および集積回路部3と引き回し電極4aは、それぞれ各電極13間をワイヤーボンディング4bで接続されている。5はパッケージカバーを示している。

【0015】

本発明の赤外線センサICの化合物半導体センサ部を形成させるために用いられる基板は、一般に単結晶を成長できるものであれば何でもよく、 GaAs 基板、 Si 基板などの単結晶基板が好ましく用いられる。また、それらの単結晶基板がドナー不純物やアクセプタ不純物によってn型やp型にドーピングされていてもよい。さらに、絶縁性の基板上に成長させた後、化合物半導体センサ部を他の基板に接着剤で付けて、絶縁性基板を剥がすことも行われる。

【0016】

化合物半導体センサ部を構成する化合物半導体層は、各種の成膜方法を用いて形成される。例えば、分子線エピタキシー（MBE）法、有機金属気相エピタキシー（MOVPE）法などは好ましい方法である。

化合物半導体センサ部を構成する化合物半導体層の材料として、 $E_g \leq 1.24/\lambda$ （赤外線の波長 $\lambda = 10\mu\text{m}$ ）を満足するバンドギャップ E_g を有する化合物半導体を用いられる。例えば、第一化合物半導体層としては、 InSb 、 InAsSb 、 InSbBi 、 InAsSbBi 、 InTlSb 、 InTlAsSb 、 InSbN 、 InAsSbN などが好ましく用いられる。 $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 混晶のバンドギャップ E_g は、 $0.58x^2 - 0.41x + 0.18 = E_g$ で表され、非常に大きな非線形因子がある（A.G. Thompson and J.C. Woolley, Can. J. Phys., 45, 255 (1967) 参照）。As組成比のxが0の場合、すなわち InSb は室温で約 $7.3\mu\text{m}$ 以下の波長において感度が得られる。また、0.

$1 \leq x \leq 0.6$ の範囲においては $E_g \leq 0.12 \text{ eV}$ となり、 $10 \mu\text{m}$ 帯をピーク波長とした赤外線検知により適した化合物半導体層となる。さらに好ましい x の範囲は $0.2 \leq x \leq 0.5$ である。図 2 に、GaAs 基板 6 上に形成された第一化合物半導体層 7 の例の断面図を示した。

【0017】

また、化合物半導体層が、第二化合物半導体層と第三化合物半導体層からなるヘテロ構造を形成していてもよい。第二化合物半導体層／第三化合物半導体層の好ましい組み合わせは、InSb/GaSb、InSb/GaInSb、InAsSb/InSb、InAsSb/GaSb、InAsSb/GaInSb などである。特に $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 混晶の x は、上記で述べたように $0.1 \leq x \leq 0.6$ の範囲が好ましく、さらに好ましい x の範囲は $0.2 \leq x \leq 0.5$ である。図 3 に、GaAs 基板 6 上に形成された第二化合物半導体層 8／第三化合物半導体層 9 からなる化合物半導体センサ部 2 の例の断面図を示した（電極 13 は図示せず）。

【0018】

第一化合物半導体層、第二化合物半導体層や第三化合物半導体層は、p 型ドーピングされていてもよい。p 型のドーパントとしては、Be、Zn、C、Mg などが好ましく用いられる。p 型ドーピング濃度としては、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であり、より好ましくは、 $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。

第一化合物半導体層、第二化合物半導体層や第三化合物半導体層を p 型化する効果について以下に述べる。第一化合物半導体層、第二化合物半導体層や第三化合物半導体層を化合物半導体センサ部に用いる赤外線センサは、一般に光導電型赤外線センサと呼ばれる。光導電型センサの場合、感度 R_{pc} は、数 1 で表される。ここで、 λ は赤外線の波長、 h はプランク定数、 c は光速、 η は量子効率、 l はセンサ素子の長さ、 w はセンサ素子の幅、 V_b はバイアス電圧、 τ はキャリアのライフタイム、 d は化合物半導体層の膜厚、 N はセンサ素子のキャリア濃度、 q は電子の電荷、 μ は電子移動度、 R_{in} はセンサ素子の素子抵抗である。

【0019】

【数 1】

$$R_{pc} = \frac{q\lambda}{hc} \cdot \frac{V_b \tau}{l^2} \cdot \eta \cdot \mu R_{in} = \frac{\lambda}{hc} \cdot \frac{V_b \tau}{lw} \cdot \eta \cdot \frac{1}{dN}$$

【0020】

数 1 によれば、高感度化のために、化合物半導体層の膜特性としては、電子移動度が大きく、素子抵抗が大きく、キャリア濃度ができるだけ小さい膜特性が求められる。本発明の赤外線センサ IC の化合物半導体センサ部を構成する第一化合物半導体層や第二化合物半導体層、第三化合物半導体層はノンドーブで n 型を示す薄膜材料なので、キャリア濃度低減のために p 型ドーピングすることが好ましく行われる。膜厚については、薄いほどよいが、量子効率は膜厚が厚くなるほど大きくなるので最適値がある。また、素子抵抗についてもあまり大きくなると ($k\Omega$ 以上)、電磁ノイズの影響を受けやすくなるため、最適値が存在する。

【0021】

化合物半導体層が、第四化合物半導体層と第五化合物半導体層が交互に積層された超格子構造を形成することも好ましく行われる。例えば超格子構造を形成する第四化合物半導体層／第五化合物半導体層の組み合わせとして、InAs/GaSb、InAs/GaInSb、InAs/GaAsSb、InAsSb/GaSb、InAsSb/GaAsSb、InAsSb/GaInSb などが、高感度な赤外線センサを実現する上で、非常に好ましく用いられる。また上記化合物半導体の中で、 $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 混晶の x は、上記で述べたように $0.1 \leq x \leq 0.6$ の範囲が好ましく、さらに好ましい x の範囲は $0.2 \leq x \leq 0.5$ である。図 4 には、GaAs 基板 6 上に第四化合物半導体層 10 と第五化合物

物半導体層 11 が交互に積層された超格子構造の化合物半導体センサ部 2 の例の断面図を示した（電極 13 は図示せず）。

【0022】

超格子構造は、Type-II と呼ばれるバンド構造であり、すなわち、第四化合物半導体層を構成する薄膜材料の伝導帯が、第五化合物半導体層を構成する薄膜材料の価電子帯の下に位置しており、バンドギャップが分離している構造である。このようなバンド構造においては、価電子帯のホールと伝導帯の電子がそれぞれ空間的に分離される。その結果、再結合しようとするキャリアのライフタイムが長くなり、赤外線のエネルギーを電気信号として取り出す効率が向上し、高感度化が達成できると考えられる。

【0023】

化合物半導体層が化合物半導体の積層体からなり、該積層体が、p 型 InSb/p 型 InAsSb/n 型 InSb、p 型 GaInSb/p 型 InAsSb/n 型 GaInSb、p 型 GaInSb/p 型 InSb/n 型 GaInSb などの p-n 接合積層体が好ましく用いられる。p 型ドーパントは、すでに述べたものと同様の元素が使用できる。n 型ドーパントは、Si、Sn、Te、S、Se、Ge などが好ましく用いられる。図 5 には、n 型 GaAs 基板 6 上に化合物半導体の積層体 12 が形成されている化合物半導体センサ部 2 の例の断面図を示した（電極 13 は図示せず）。図 5 において、化合物半導体の積層体 12 が、高濃度 n 型ドーブ層 12a/低濃度 p 型ドーブ層 12b/高濃度 p 型ドーブ層 12c の 3 層からなる例が示されている。

【0024】

化合物半導体の積層体 12 は、一般に、高濃度 p 型ドーブ層/低濃度 p 型ドーブ層/高濃度 n 型ドーブ層の 3 層構造からなっていることが好ましい。高濃度 p 型ドーブ層のドーピング濃度は、 $6 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、より好ましくは $1 \times 10^{18} \sim 4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。また低濃度 p 型ドーブ層のドーピング濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、より好ましくは $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。高濃度 n 型ドーブ層のドーピング濃度は、 $6 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、より好ましくは $1 \times 10^{18} \sim 4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲である。

一般的に p-n 接合積層体を用いた赤外線センサは、光起電力型赤外線センサであり、光起電力型赤外線センサの感度 R_{pv} は、数 2 で表される。

【0025】

【数 2】

$$R_{pv} = \frac{q\lambda}{hc} \cdot \eta \cdot R_{in}$$

【0026】

数 2 によれば、高感度化のためには、素子抵抗が大きく、量子効率を大きくするため膜厚が厚いほど好ましい。また、p-n 接合積層体の場合には、逆バイアス電圧を印加することでより効率よくキャリアを電気信号として取り出すことが可能となり、結果として赤外線センサとしてのさらなる高感度化が達成できる。ただし、素子抵抗については、あまり大きくなると ($k\Omega$ 以上)、電磁ノイズの影響を受けやすくなるため、最適値がある。

【0027】

また、これまでに述べてきた化合物半導体センサ部を構成している化合物半導体層を、基板 6 上に成長する際、図 6 に示したように適当なバッファ層 14 を挿入することにより、化合物半導体層（例えば、第二化合物半導体層 8）の欠陥が減少し、表面の平坦性や結晶性を向上できることを見出した。バッファ層 14 としては、AlSb、AlGaSb、AlGaAsSb、AlInSb、GaInAsSb、AlInAsSb などが好ましく用いられる。これらのバッファ層 14 は、基板 6 との格子定数が大きく異なっているが、成長を開始すると非常に速く格子緩和が起こり、化合物半導体層の表面が平坦化し、結晶性も優れた薄膜が得られてくることが確認できている。バッファ層 14 の膜厚は、基板 6

との格子不整合を緩和し、良好な結晶性と平坦な表面が得られればよく、一般に100 nm~1 μ m、好ましくは150 nm~600 nm程度である。バッファ層14の組成は、バッファ層14上に成長させる化合物半導体層の材料にできるだけ格子定数の近い組成を選択することが好ましい。この格子整合効果により、直接基板上に成長するよりも化合物半導体層の結晶性や平坦性、さらに界面の急峻性を大きく向上できる。その結果、赤外線センサとしての素子特性も改善でき、高感度化や低ノイズ化が実現できる。

【0028】

化合物半導体センサ部を構成している化合物半導体層の膜厚は、単層の場合には0.5 μ m~10 μ mであり、好ましくは、0.7 μ m~5 μ m、より好ましくは1 μ m~4 μ mである。

また、ヘテロ構造を用いる場合は、第二化合物半導体層および第三化合物半導体層のトータルの膜厚が0.5 μ m~10 μ mであり、好ましくは、1 μ m~5 μ m、より好ましくは2 μ m~4 μ mである。

さらに超格子構造の場合には、第四化合物半導体層および第五化合物半導体層のトータルの膜厚は、ミニバンドが形成される程度に薄い必要があり、1 nm~15 nmの範囲が好ましく、より好ましくは2 nm~10 nm、さらに好ましくは3 nm~7 nmである。また超格子構造の周期は10~100周期、さらには20~50周期程度成長させることが好ましい。

【0029】

本発明の赤外線センサICの化合物半導体センサ部を加工するプロセスは、まずメサエッチングで素子分離を行った後、SiN保護膜を形成し、次に保護膜に電極用の窓開けを行った後、電極13をリフトオフ法で形成する。電極13としてはAu/Tiが好ましく用いられる。さらにダイシングを行い、化合物半導体センサ部のチップを形成させるのが一連のプロセスフローの例である。第一化合物半導体層7を用いた化合物半導体センサ部2（光導電型赤外線センサ）の例の断面図を図7に、またp-n接合積層体12を用いた化合物半導体センサ部2（光起電力型赤外線センサ）の例の断面図を図8にそれぞれ示した。

【0030】

本発明の赤外線センサICにおける集積回路部は、Si基板上に増幅回路、チョッピング回路等が組み込まれ、通常のCMOSラインで形成されるのが一般的であるが、それに限定されるものではない。

さらに、図1に示したように、ガラスエポキシ基板などのプリント基板1上に化合物半導体センサ部2と集積回路部3をダイボンディングし、所定の電極13をワイヤーボンディング4bで電氣的に接続させるのが本発明の赤外線センサICの一例である。

また、図9に示したように、前記集積回路部3上に前記化合物半導体センサ部2をのせ、ワイヤーボンディングで電氣的に接続する形態が、本発明の赤外線センサICの他の例である。図9の例のように、集積回路部3上に化合物半導体センサ部2を重ねることにより、赤外線センサICのサイズをさらに小型化することが可能になる。

【0031】

パッケージについては、10 μ m帯付近の赤外線の透過率が高い材料であれば何でもよく、ポリエチレンなどの樹脂材料も膜厚を薄くすれば使用が可能となる。また、10 μ m帯付近の透明性が高く、かつ放熱性に優れた樹脂等も好ましく用いられる。本発明の赤外線ICは電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくいので、金属Canパッケージなどの頑丈で高価なパッケージは必要ない。

さらに、人感センサとして用いる場合、人以外の光（5 μ m以下の近赤外や可視光など）の影響を完全に避けるため、5 μ m付近以下をカットするようなフィルタを取り付けることもある。また、検知する距離や方向性を定め、集光性をより高めるためにフレネルレンズを設けることも好ましく行われる。

【実施例】

【0032】

本発明を実施例に基づいて説明する。

【実施例 1】

MBE法により、GaAs基板上にノンドープのInAs_{0.23}Sb_{0.77}を2μm成長した。InAsSb薄膜の膜特性は、van der Pauw法で測定したところ、室温での電子移動度が、 $35,000\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、シート抵抗（素子抵抗）が 20Ω 、キャリア濃度が $1 \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ であった。この化合物半導体薄膜を用いて、化合物半導体センサ部を作製した。まず、素子分離のためにメサエッチングを行った後、全面をSiN保護膜で覆った。次に電極部分のみ窓開けを行い、Ti/AuをEB蒸着し、リフトオフ法により電極を形成した。受光面積は、 $35\mu\text{m} \times 115\mu\text{m}$ に設計した。本実施例の化合物半導体センサ部の断面図は、図7に示した通りである。

【0033】

増幅回路とチョッピング回路等を搭載した集積回路部は、通常のCMOSラインで作製した。その後、同一基板上に前記化合物半導体センサ部と前記集積回路部をダイボンディングし、ワイヤーボンディングで電氣的に接続した。パッケージカバーをつけて本発明の赤外線センサICを完成した。

500Kの黒体炉、光チョッピング周波数1Hz、雑音帯域幅1Hzで室温における感度を測定したところ、 $D^* = 1 \times 10^7\text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$ であった。ここで、 D^* は、比検出能力を示す指標であり、S/N比が1になるために必要な入力光強度($\text{W}/\text{Hz}^{1/2}$)の逆数に、検出素子の受光面積の1/2乗を掛けた値で表す。本実施例の赤外線センサICは、簡易なパッケージにも関わらず、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい特徴を有していることを確認した。

【0034】

【実施例 2】

MBE法により、GaAs基板上にノンドープInSbを1μm、ノンドープInAs_{0.23}Sb_{0.77}を2μmを順に成長した。化合物半導体層の膜特性は、van der Pauw法で測定したところ、室温での電子移動度が $51,000\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、シート抵抗（素子抵抗）が 20Ω 、キャリア濃度が $9 \times 10^{16}\text{ cm}^{-3}$ であった。この化合物半導体薄膜を用いて、化合物半導体センサ部を作製した。まず、素子分離のためにメサエッチングを行った後、全面をSiN保護膜で覆った。次に電極部分のみ窓開けを行い、Ti/AuをEB蒸着し、リフトオフ法により電極を形成した。受光面積は、 $35\mu\text{m} \times 115\mu\text{m}$ に設計した。

【0035】

増幅回路とチョッピング回路等を搭載した集積回路部は、通常のCMOSラインで作製した。その後、同一基板上に前記化合物半導体センサ部と前記集積回路部をダイボンディングし、ワイヤーボンディングで電氣的に接続した。パッケージカバーをつけて本発明の赤外線センサICを完成した。

500Kの黒体炉、光チョッピング周波数1Hz、雑音帯域幅1Hzで室温における感度を測定したところ、 $D^* = 2 \times 10^7\text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$ であった。本実施例の赤外線センサICは、簡易なパッケージにも関わらず、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい特徴を有していることを確認した。

【0036】

【実施例 3】

MBE法により、GaAs基板上に5nmのInAsと3nmのGaSbを交互に50周期成長し、超格子構造を形成した。本実施例の超格子構造の膜特性は、van der Pauw法で測定したところ、室温での電子移動度が $8,000\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、シート抵抗（素子抵抗）が 90Ω 、シートキャリア濃度が $2.6 \times 10^{13}\text{ cm}^{-3}$ であった。この化合物半導体薄膜を用いて、化合物半導体センサ部を作製した。まず、素子分離のためにメサエッチングを行った後、全面をSiN保護膜で覆った。次に電極部分のみ窓開けを行い、Ti/AuをEB蒸着し、リフトオフ法により電極を形成した。受光面積は、 $35\mu\text{m} \times 115\mu\text{m}$ に設計した。

【0037】

増幅回路とチョッピング回路等を搭載した集積回路部は、通常のCMOSラインで作製した。その後、図8に示したように、同一基板上に集積回路をダイボンディングした後、化合物半導体センサ部を前記集積回路部上にダイボンディングし、ワイヤーボンディングで電氣的に接続した。さらに、パッケージカバーをつけて本発明の赤外線センサICを完成した。

500Kの黒体炉、光チョッピング周波数1Hz、雑音帯域幅1Hzで室温における感度を測定したところ、 $D^* = 1 \times 10^8 \text{ cmHz}^{1/2} / \text{W}$ と高感度を示した。本実施例の赤外線センサICは、簡易なパッケージにも関わらず、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい特徴を有していることを確認した。

【0038】

【実施例4】

MBE法により、n型GaAs基板上にn型InSb（n型ドーピング濃度 $= 3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）を $1 \mu\text{m}$ 、続いてp型InAs_{0.23}Sb_{0.77}（p型ドーピング濃度 $= 3.5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ ）を $2 \mu\text{m}$ 、p型InSb（p型ドーピング濃度 $= 3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）を $0.5 \mu\text{m}$ 成長した。この化合物半導体薄膜を用いて、化合物半導体センサ部を作製した。まず、素子分離のためにメサエッチングを行った後、全面をSiN保護膜で覆った。次に電極部分のみ窓開けを行い、Ti/AuをEB蒸着し、リフトオフ法により電極を形成した。受光面積は、 $35 \mu\text{m} \times 115 \mu\text{m}$ に設計した。本実施例の化合物半導体センサ部の断面図は、図8に示した通りである。

【0039】

増幅回路とチョッピング回路等を搭載した集積回路部は、通常のCMOSラインで作製した。その後、同一基板上に前記化合物半導体センサ部と前記集積回路部をダイボンディングし、ワイヤーボンディングで電氣的に接続した。パッケージカバーをつけて本発明の赤外線センサICを完成した。

500Kの黒体炉、光チョッピング周波数1Hz、雑音帯域幅1Hzで室温における感度を測定したところ、 $D^* = 2 \times 10^8 \text{ cmHz}^{1/2} / \text{W}$ と高感度を示した。本実施例の赤外線センサICは、簡易なパッケージにも関わらず、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい特徴を有していることを確認した。

【0040】

【実施例5】

MBE法により、GaAs基板上にバッファ層としてAl_{0.5}Ga_{0.5}Sbを 150 nm 成長した後、引き続きノンドープのInSbを $0.5 \mu\text{m}$ 、InAs_{0.23}Sb_{0.77}を $2 \mu\text{m}$ 成長した。InAsSb薄膜の膜特性は、van der Pauw法で測定したところ、室温での電子移動度が $45,000 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、シート抵抗（素子抵抗）が 40Ω 、キャリア濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であった。この化合物半導体薄膜を用いて、化合物半導体センサ部を作製した。まず、素子分離のためにメサエッチングを行った後、全面をSiN保護膜で覆った。次に電極部分のみ窓開けを行い、Ti/AuをEB蒸着し、リフトオフ法により電極を形成した。受光面積は、 $35 \mu\text{m} \times 115 \mu\text{m}$ に設計した。

【0041】

増幅回路とチョッピング回路等を搭載した集積回路部は、通常のCMOSラインで作製した。その後、同一基板上に前記化合物半導体センサ部と前記集積回路部をダイボンディングし、ワイヤーボンディングで電氣的に接続した。パッケージカバーをつけて本発明の赤外線センサICを完成した。

500Kの黒体炉、光チョッピング周波数1Hz、雑音帯域幅1Hzで室温における感度を測定したところ、 $D^* = 3.5 \times 10^7 \text{ cmHz}^{1/2} / \text{W}$ と高感度であった。本実施例の赤外線センサICは、簡易なパッケージにも関わらず、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい特徴を有していることを確認した。

【0042】

【実施例6】

MBE法により、GaAs基板上にノンドープInSbを $1 \mu\text{m}$ 、p型ドーピングIn

A_{0.23}Sb_{0.77}を2 μ mを順に成長した。InAsSb薄膜の膜特性は、van der Pauw法で測定したところ、室温での電子移動度が41,000 cm²/Vs、シート抵抗（素子抵抗）が150 Ω 、キャリア濃度が 1.5×10^{16} cm⁻³であった。本実施例のp型ドーピングは、InAsSb層中の電子のキャリアを補償し、キャリア濃度の低減化を目的としている。実施例2と比較して、電子移動度は低下したが、p型ドーピングすることにより、電子のキャリア濃度が低減でき、またシート抵抗も増大した。また、GaAs基板上のノンドープInSb層もp型ドーピングすることにより同様の効果が得られる。

【0043】

この化合物半導体薄膜を用いて、実施例2と同様に化合物半導体センサ部を作製した。集積回路部も実施例2と同様に作製し、本発明の赤外線センサICを完成した。

500Kの黒体炉、光チョッピング周波数1Hz、雑音帯域幅1Hzで室温における感度を測定したところ、 $D^* = 1.2 \times 10^8$ cmHz^{1/2}/Wと高感度を示した。本実施例の赤外線センサICは、簡易なパッケージにも関わらず、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい特徴を有していることを確認した。

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明の赤外線センサICは、人が放射する熱エネルギーを検知する人感センサとして好適に利用できる。ICチップサイズ程度の超小型で電磁ノイズや熱ゆらぎの影響も受けにくい特徴を有しており、照明や家電などの自動オンオフを可能とし、省エネルギー化に大きく効果が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明における第一の実施形態の赤外線センサICの一例を示す斜視図である。

【図2】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の一例を示す断面図である。

【図3】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の他の例を示す断面図である。

【図4】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の他の例を示す断面図である。

【図5】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の他の例を示す断面図である。

【図6】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の他の例を示す断面図である。

【図7】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の電極構造の一例（光導電型）を示す断面図である。

【図8】本発明における赤外線センサICの化合物半導体センサ部の電極構造の他の例（光起電力型）を示す断面図である。

【図9】本発明における赤外線センサICの赤外線センサICの他の例を示す斜視図である。

【符号の説明】

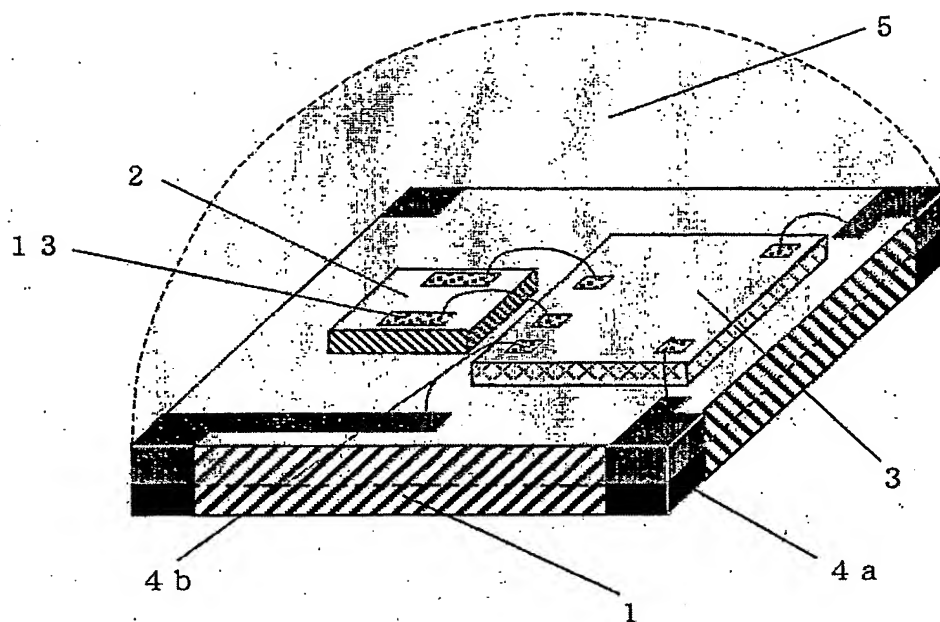
【0046】

- 1 プリント基板
- 2 化合物半導体センサ部
- 3 集積回路部
- 4 a 引き回し電極
- 4 b ワイヤーボンディング
- 5 パッケージカバー
- 6 GaAs基板
- 7 第一化合物半導体層

- 8 第二化合物半導体層
- 9 第三化合物半導体層
- 1 0 第四化合物半導体層
- 1 1 第五化合物半導体層
- 1 2 化合物半導体の積層体
- 1 2 a 高濃度 n 型ドーブ層
- 1 2 b 低濃度 p 型ドーブ層
- 1 2 c 高濃度 p 型ドーブ層
- 1 3 電極
- 1 4 バッファ層

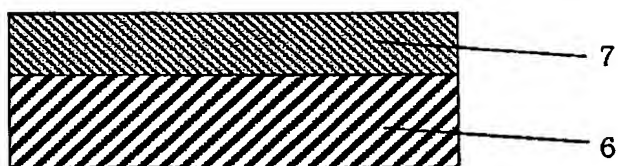
【書類名】 図面

【図 1】



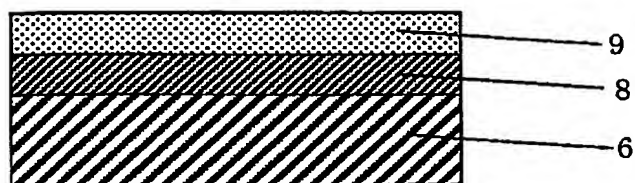
【図 2】

2



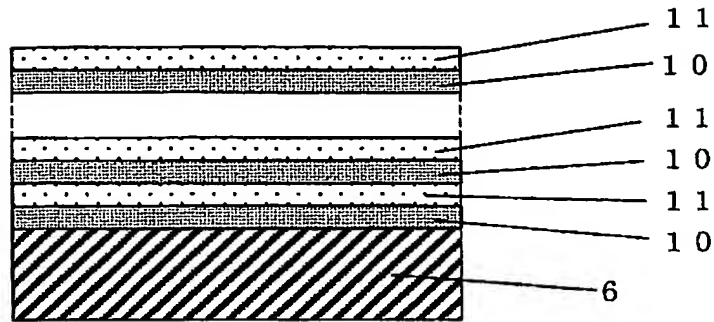
【図 3】

2



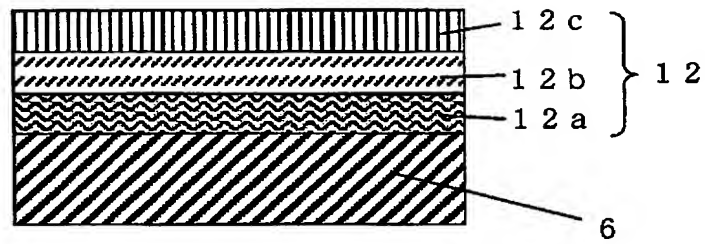
【図 4】

2



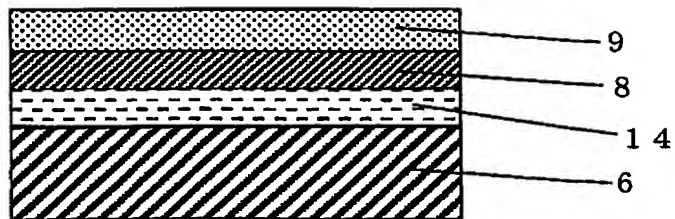
【図 5】

2



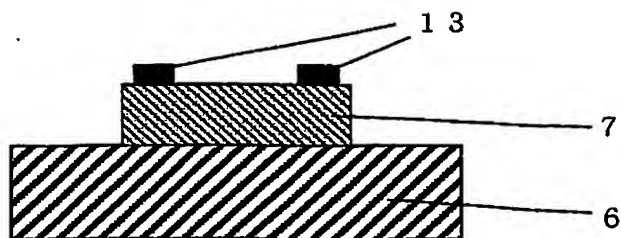
【図 6】

2



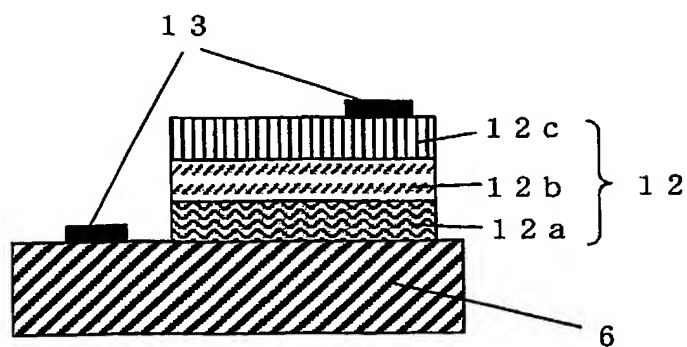
【図 7】

2

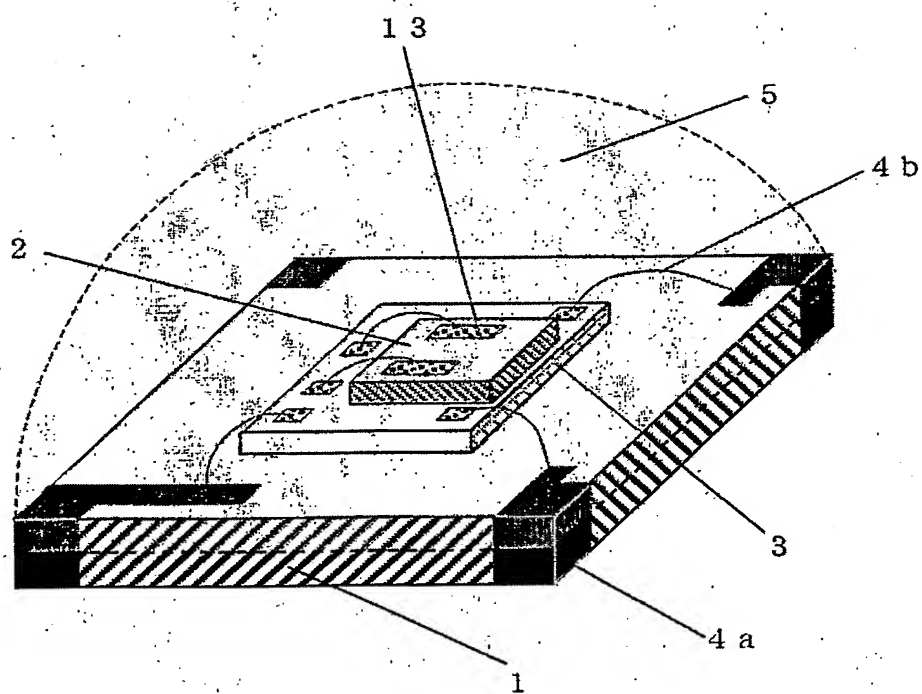


【図 8】

2



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 きわめてサイズが小さく、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくい赤外線センサ IC を提供する。

【解決手段】 素子抵抗が小さく、電子移動度の大きな化合物半導体をセンサ部に用いて、化合物半導体センサ部と化合物半導体センサ部からの電気信号を処理する集積回路部とを同一パッケージ内にハイブリッド形成することにより、これまでにない小型で、簡易なパッケージで室温動作可能な赤外線センサ IC を実現できる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 1 6 2 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 0 3 3]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 月 4 日

[変更理由]

名称変更

住 所

大阪府大阪市北区堂島浜 1 丁目 2 番 6 号

氏 名

旭化成株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.